

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-162320

(43) 公開日 平成10年(1998) 6月19日

(51) Int.Cl.⁶
G 1 1 B 5/39

識別記号

F I
G 1 1 B 5/39

審査請求 有 請求項の数27 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平8-314663

(22) 出願日 平成8年(1996)11月26日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社
東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 鈴木 哲広

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株
式会社内

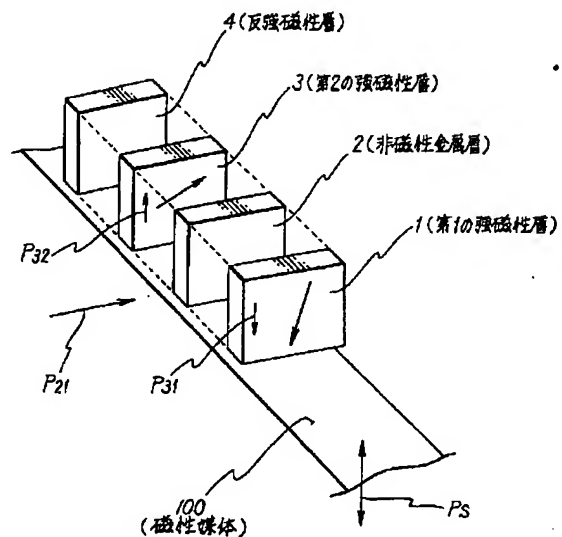
(74) 代理人 弁理士 高橋 勇

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果型ヘッドおよびその使用方法

(57) 【要約】

【課題】 信号磁界方向に強磁性層をピン止めすることなく、線形応答の大きいGMR効果に基づいた磁気抵抗効果型ヘッドおよび使用方法を提供すること。

【解決手段】 非磁性金属層2により分離された第1の強磁性層1、第2の強磁性層3からなる巨大磁気抵抗効果を用いた磁気抵抗効果ヘッドにおいて、第2の強磁性層3を信号磁界と直交する方向にピン止めする手段を有している。この第2の強磁性層3をピン止めする手段については、反強磁性層、永久磁石層、導電性部材等で形成してもよい。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 非磁性金属層により分離された第1の強磁性層、第2の強磁性層からなる巨大磁気抵抗効果を用いた磁気抵抗効果型ヘッドにおいて、

第2の強磁性層を信号磁界と直交する方向にピン止めする手段を有していることを特徴とした磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項2】 前記第1の強磁性層を単一のドメイン状態に保持するための縦バイアス磁界を、前記第2の強磁性層のトラック端に生じる磁極によって形成し印加することを特徴とした請求項1記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項3】 前記第1の強磁性層と第2の強磁性層の磁化の信号磁界に直交する成分とが、互いに逆符号であることを特徴とした請求項1記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項4】 前記第2の強磁性層の磁化回転により主に抵抗が変化することを特徴とした請求項1記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項5】 前記第1の強磁性層の膜厚が、前記第2の強磁性層の膜厚よりも小さいことを特徴とした請求項1記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項6】 前記第2の強磁性層をピン止めする手段が、第2の強磁性層に直接接触する反強磁性層であることを特徴とした請求項1記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項7】 前記反強磁性層が、FeMn、NiMn、IrMnを主成分とする群、或いはNi、Co、Feの酸化物を主成分とする群から選択された材料であることを特徴とした請求項6記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項8】 前記第2の強磁性層をピン止めする手段が、第2の強磁性層に直接接触する永久磁石層であることを特徴とした請求項1記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項9】 前記永久磁石層が、Co及びCr、或いはPtを含んだ合金から選択された材料であることを特徴とした請求項8記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項10】 前記第2の強磁性層をピン止めする手段としての第2の強磁性層を、硬磁性層で形成したことを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項11】 前記硬磁性層が、Co並びにCoの合金からなる群から選択された材料で形成されていることを特徴とした請求項10記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項12】 前記第2の強磁性層から前記第2の強磁性層に印加されるピン止め磁界が、80～160〔Oe〕であることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項13】 前記第2の強磁性層をピン止めする手段が、導電性部材で形成されていることを特徴とした請求項1記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項14】 前記第1の強磁性層および第2の強磁

性層が、Fe、Co、Niの合金、並びにFe、Co、Niの合金からなる群から選択された材料で形成されていることを特徴とした請求項1記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項15】 前記非磁性金属層が、Cu、Ag、Auの合金、並びにCu、Ag、Auの合金からなる群から選択された材料で形成されていることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項16】 前記第1の強磁性層及び第2の強磁性層に、横バイアス磁界を印加する手段が併設されていることを特徴とした請求項1記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項17】 前記横バイアス磁界を印加する手段が、前記非磁性金属層を中心として、前記第2の強磁性層をピン止めする手段の側にあることを特徴とした請求項16記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項18】 前記横バイアス磁界を印加する手段が、軟磁性層と非磁性層からなることを特徴とした請求項16記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項19】 前記横バイアス磁界を印加する手段が、非磁性金属層からなることを特徴とした請求項16記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項20】 前記横バイアス磁界を印加する手段が、永久磁石層により形成されていることを特徴とした請求項16記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項21】 前記第1の強磁性層に、縦バイアス磁界を印加する手段が併設されていることを特徴とした請求項1又は16に記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項22】 前記縦バイアス磁界の方向が、前記第2の強磁性層をピン止めする方向とは反対の方向であることを特徴とした請求項21記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項23】 前記縦バイアス磁界を印加する手段が、永久磁石層からなることを特徴とする請求項21記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項24】 前記縦バイアス磁界を印加する手段が、前記第1の強磁性層に直接接触するように構成されていることを特徴とした請求項21記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項25】 前記縦バイアス磁界を印加する手段が、前記第1の強磁性層に感磁部以外のところで直接接触する反強磁性層からなることを特徴とした請求項21記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項26】 非磁性金属層により分離された第1の強磁性層、第2の強磁性層からなる巨大磁気抵抗効果を用いた磁気抵抗効果型ヘッドにおいて、

第2の強磁性層を信号磁界と直交する方向にピン止めする手段を有すると共に、前記第1の強磁性層を、電流磁界によって飽和させた状態で動作させることを特徴とした磁気抵抗効果型ヘッドの使用法。

【請求項27】 非磁性金属層により分離された第1の強磁性層、第2の強磁性層からなる巨大磁気抵抗効果を用いた磁気抵抗効果ヘッドにおいて、第2の強磁性層を信号磁界と直交する方向にピン止めする手段を有すると共に、前記第1の強磁性層を、電流磁界及び前記横バイアス磁界によって飽和させた状態で動作させることを特徴とした磁気抵抗効果型ヘッドの使用

方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気抵抗効果型ヘッド（MRヘッド）に係り、特に、磁気記録媒体の磁化の向きにより情報を保存し、磁気ヘッドにより記録再生を行う磁気記録装置の再生部に用いる（MRヘッド）であって、巨大磁気抵抗効果を利用したMRヘッドに関するものである。

【0002】

【従来の技術】磁気抵抗効果を用いたMRヘッドは高い磁界応答感度を有しているため、高密度の磁気記録装置において利用されている。従来のMRヘッドにおいては磁気抵抗効果材料として、異方性磁気抵抗効果（AMR効果）をもつ磁性膜が用いられていた。このAMR型のMRヘッドでは、電気抵抗は磁気抵抗効果材料に供給する電流と磁気抵抗効果材料の磁化のなす角度の余弦の2乗に比例している。

【0003】磁気記録装置では、磁気記録媒体からの信号磁界が磁気抵抗効果材料の磁化の方向を変化させ、この変化がついで磁気抵抗効果材料の抵抗値の変化および感知した電流又は電圧の変化を引き起こすため、記録データを磁気記録媒体から読み出すことができる。

【0004】最近、さらに高い磁気抵抗効果をもつ材料として巨大磁気抵抗効果（GMR効果）が発見されている。その本質的な特徴は少なくとも2つの強磁性金属層が非磁性金属層によって分離されていることである。

【0005】このGMR効果は、強磁性層の強い反強磁性的な結合を示すFe/CrまたはCo/Cuの多層膜等の系、並びに2つの強磁性金属層の一方の磁化方向が固定されているかピン止めされている系でみられる。GMR効果において、電気抵抗は隣り合った強磁性層の磁化のなす角度の余弦に比例しており、電流方向には依存しない。

【0006】この種のGMR効果を用いた磁気ヘッドは、例えば特開平4-358310号公報に示されている。図14～図15に、従来のGMR効果（巨大磁気抵抗効果）を用いた磁気ヘッドの感磁部の一例を示す。この図14において、信号磁界を感知する感磁部は、非磁性金属層102によって分離された第1の強磁性層101及び第2の強磁性層103と、第2の強磁性層103の磁化を交換結合によりピン止めするための反強磁性層104から構成されている。ピン止めされていない自由

な第1の強磁性層101の磁化は、ピン止めされた第2の強磁性層103の磁化と直交するように設定される。

【0007】ここで、線形応答が最も大きく、ダイナミックレンジが最も広いのは、ピン止めされた第2の強磁性層103の磁化が信号磁界の方向Psに平行であり、自由な第1の強磁性層101の磁化が信号磁界の方向Psに直角なものである。このとき、第1の強磁性層101の磁化のみが自由に回転し、二層の磁化の間の角度が変化し、これが抵抗変化として感知される。

10 【0008】

【発明が解決しようとする課題】従来のGMR効果を用いた磁気ヘッドにおける問題点は、第2の強磁性層103を信号磁界Psの方向と平行にピン止めする必要があることである。反強磁性層104を用いて第2の強磁性層103をピン止めするためには、反強磁性層104のネール温度近くまで昇温して信号磁界Psの方向と平行に着磁しなければならない。この昇温及び着磁プロセスは、磁気ヘッドを構成する他の部分の磁気特性に悪影響を及ぼす恐れがある。

20 【0009】図15に、記録用としてインダクティブ部を、再生用としてGMR効果を用いた磁気ヘッドの一例を示す概略断面図を示す。

【0010】通常、磁気ヘッドは、磁気抵抗効果を示す感磁部のほかに、ビット方向の記録密度を向上するため下シールド111、上シールド112、及び媒体に信号を記録するための下ポール113、上ポール114、更に縦バイアス磁界を生じさせる第2の反強磁性層108とから構成されている。符号100は磁性媒体を示す。ここで、図15では、上シールド112と下ポール113とが兼用された共通型ヘッドを示す。

【0011】この従来例にあつて、高周波領域においては、媒体に信号を記録し又は再生するためには、これら上下シールド112、111及び上下ポール114、113の磁化容易軸は、信号磁界Psの方向に対して直交している必要がある。従つて、これらの磁性層は、通常、磁界中での成膜等によって磁気異方性が制御され望ましい方向の磁化容易軸を有しているが、一方、反強磁性層104の昇温及び着磁プロセスによって、これらの磁化容易軸が乱される可能性がある。

40 【0012】即ち、反強磁性層104の昇温及び着磁プロセスを第2の強磁性層103、反強磁性層104の成膜の直後に行った場合は、下シールド111の磁化容易軸が乱される。また、この反強磁性層104の昇温及び着磁プロセスを全層成膜後に行った場合は、上下シールド112、111、上下ポール114、113全ての磁化容易軸が乱されてしまう。その結果として、オーバーライト特性の劣化や再生波形の半値幅の広がりが生じるという懸念があつた。

【0013】一方、これに対して、上下シールド112、111、上下ポール114、113の前述した磁化

容易軸は、再び信号磁界 P_s と直交する方向に磁界を印加することにより、更に必要であれば温度をあげる工程を行うことにより、信号磁界と直交する方向に戻すことができる可能性がある。しかしながら、これらの工程は、第2の強磁性層103のピン止めを弱める恐れがある。

【0014】また、第1の強磁性層101のドメイン安定化のために設けられた第2の反強磁性層108に関しても、その磁気異方性も信号磁界 P_s の方向と直交する方向であるため、磁気シールド、下ポール113、上ポール114と同様に第2の強磁性層103をピン止めするための反強磁性層104の昇温及び着磁プロセスにおいて、磁化容易軸が乱される可能性がある。

【0015】

【発明の目的】本発明は、かかる従来例の有する不都合を改善し、とくに、信号磁界方向に強磁性層をピン止めすることなく、線形応答の大きいGMR効果に基づいた磁気抵抗効果型ヘッドおよびその使用方法を提供することを、その目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の磁気抵抗効果ヘッドは、第1の強磁性層、非磁性金属層、第2の強磁性層、及び第2の強磁性層を信号磁界 P_s と直交する方向に弱くピン止めする手段とを有する。より具体的には、ピン止めする手段として反強磁性層4、永久磁石層10、硬磁性層7が用いられる。

【0017】また、他に横バイアス磁界を印加する手段を設けることができる。具体的には軟磁性層6、シャント膜、永久磁石層が用いられる。更に、他に第1の強磁性層に縦バイアスを印加する手段を設けることができる。具体的には永久磁石層10、反強磁性層8が用いられる。

【0018】本発明においては、第2の強磁性層の磁化を信号磁界と直交する方向にピン止めするため、交換結合を生じさせるための着磁、昇温工程が上下シールド、上下ポール等の磁気ヘッドの他の部分の磁気特性を劣化させる恐れがない。また、横バイアス磁界を印加する手段を設けることにより、抵抗変化曲線をシフトさせることが可能になり、比較的小さな電流密度においても広いダイナミックレンジを得ることができる。

【0019】更に、第1の強磁性層に縦バイアス磁界を印加する手段を設けることにより、第1の強磁性層の単一ドメイン状態をより強く維持することが可能になり、安定な磁気ヘッドを得ることができる。

【0020】

【発明の実施の形態】

(第1の実施の形態) 次に、本発明の第1の実施形態を、図1に基づいて説明する。この図1において、感磁部は、第1の強磁性層1、非磁性金属層2、第2の強磁

性層3、反強磁性層4から構成されている。第2の強磁性層3は反強磁性層4との交換結合によって信号磁界 P_s の方向と直交した方向にピン止め磁界を受けるが、その磁界は第2の強磁性層3を完全にピン止めするには至らない大きさである。

【0021】第1の強磁性層1を単一のドメイン状態に保持するための縦バイアス磁界を供給させる手段は、本実施形態では特に設けられていない。第1の強磁性層1、非磁性金属層2、第2の強磁性層3としては、巨大磁気抵抗効果(GMR効果)を示すいくつかの材料の組み合わせを用いることができる。

【0022】第1の強磁性層1及び第2の強磁性層3としては、Fe、Co、Niの合金並びにFe、Co、Niの合金からなる群から選択することができる。また、非磁性金属層2としては、Cu、Ag、Auの合金、並びにCu、Ag、Auの合金からなる群から選択することができる。また、反強磁性層4としては、FeMnとNiMnからなる群、或いはNi、Co、Feの酸化物からなる群から選択することができる。

【0023】次に、図1に示す第1の実施形態の動作について説明する。まず、信号磁界22が「0」であるときの第1の強磁性層1及び第2の強磁性層3の磁化について説明する。

【0024】この場合、感磁部に流れる電流によって、第1の強磁性層1、第2の強磁性層3はそれぞれ逆向きの磁界31、32が印加され、この磁界により2つの強磁性層1、3は磁化回転をする。このとき、第2の強磁性層3は反強磁性層4との交換結合によりピン止め磁界を受けているため、第2の強磁性層3の磁化回転の度合いは第1の強磁性層1のそれよりも小さい。

【0025】また、第1の強磁性層1には、第2の強磁性層3のトラック端に生じる磁極に依って、第2の強磁性層3の磁化と反対方向の縦バイアス磁界が印加される。この磁界によって第1の強磁性層1は単一のドメイン状態に保持され、かつ、磁化の信号磁界と直交する方向の成分は第2の強磁性層3の磁化の信号磁界と直交する方向の成分とは反対を向く。また、第2の強磁性層3は、反強磁性層4に依って単一のドメイン状態が保持される。

【0026】次に、信号磁界 P_s が印加されたときの第1の強磁性層1及び第2の強磁性層3の磁化の動きについて説明する。

【0027】図2は、上記第1の実施形態の信号磁界 P_s に対する抵抗変化を示すグラフに対して、各信号磁界 P_s での2つの磁性層の磁化の動作を説明する図面を加えたものである。信号磁界 P_s は図1に示す方向に平行であり、第2の強磁性層3にかかる電流磁界 P_{32} の方向をプラスとした。

【0028】信号磁界 P_s がマイナス方向に増えるに従って、第1の強磁性層1が先に飽和するため、主に第2

の強磁性層3の磁化のみが回転し、二層の磁化の間の角度が変化し、これが抵抗変化として感知される。図2中、 P_{21} は電流方向を示す。

【0029】一方、信号磁界 P_s がプラス方向に増える場合、第1の強磁性層1及び第2の強磁性層3の磁化の信号磁界方向の成分は、共に減少していき、二つの磁性層の磁化のなす角度が180度になったところで、抵抗変化は極大値を示す。更に、信号磁界 P_s がプラス方向に増えるに従って、二つの強磁性層1、3の磁化は揃ってくるため、抵抗変化は「0」に近づいていく。

【0030】上記第1の実施形態の内容を実際の磁気ヘッドに適用するに際しては、信号磁界 P_s に対する抵抗変化が線形であり、且つ信号磁界 P_s のダイナミックレンジが広いことが望ましい。この場合、その線形性は、第2の強磁性層3と反強磁性層4の間のピン止め磁界の大きさによって決定される。

【0031】図3はトラック幅1[μm]の感磁部に対して、線形性のピン止め磁界依存性をシミュレーションによって計算した結果を示す線図である。この場合、図3では、線形性を、

$$\text{線形性} = (R_{30} - R_{-30}) / (R_{30} + R_{-30})$$

と定義した。ここで R_{-30} 、 R_{30} はそれぞれ、信号磁界 P_s が-30[Oe]、30[Oe]のときの抵抗値である。ピン止め磁界が小さい場合は、2つの強磁性層の磁化が同時に動いてしまうため、線形性が悪くなる。

【0032】一方、ピン止め磁界が大きすぎる場合は、第2の強磁性層3が回転しにくくなるため線形性だけでなく感度も低下する。信号処理においては、線形性の許容範囲は $\pm 10\%$ 以内である。従って、図3より、ピン止め磁界の大きさは、80~160[Oe]が望ましいことが明らかとなった。

【0033】ダイナミックレンジは、図2における抵抗変化が最大値を示すところ、即ち、2つの強磁性層1、3の磁化の向きが反平行(反対方向:180°の方向)になる信号磁界 P_s によって定義される。図4はダイナミックレンジの電流密度依存性を示す線図である。ダイナミックレンジは、信号磁界 P_s に比例して大きくなっている。従って、十分なダイナミックレンジを確保するためには電流密度は大きい方が望ましい。ただし、ヘッドに流せる電流密度はエレクトロマイグレーションの観点から制限される。

【0034】ダイナミックレンジを広げるためには、信号磁界 P_s が「0」の時に第1の強磁性層1の磁化が電流磁界方向に飽和に近いほうが望ましい。そのため、第1の強磁性層1を第2の強磁性層3の膜厚よりも薄くし、第1の強磁性層1に電流磁界がより多くかかるようにすることは有効である。

【0035】また、上記図1における第1の実施の形態の変形例として、第2の強磁性層3にピン止め磁界を印加する手段として、反強磁性層4の代わりに永久磁石膜

を用いて交換結合を発生させる方法がある。この場合、トラック端に生じる磁極によって第1の強磁性層1に実質的に印加される縦バイアス磁界が増加するという長所がある。更に、第2の強磁性層3と反強磁性層4の代わりに保持力の大きな硬磁性材料を用いる方法もある。

【0036】次に、上記第1の実施形態の効果について説明する。上記第1の実施形態では、第2の強磁性層3を反強磁性層4によって信号磁界 P_s の方向と直交に弱くピン止めするため、反強磁性層4のネール温度近くまで上昇して着磁するプロセスを信号磁界の方向と直交しに行えば良く、この昇温及び着磁プロセスにより、磁気ヘッドを構成する他の部分の磁気特性に悪影響を及ぼす恐れがない。

【0037】また、第2の強磁性層3のトラック幅に生じる磁極により第1の強磁性層1を単一のドメイン状態に保持するための縦バイアス磁界が印加されるので、別に縦バイアスを印加するための反強磁性層4、永久磁石層等を設ける必要が無い。

【0038】(第2の実施の形態)次に、第2の実施の形態を図5に基づいて説明する。ここで、前述した第1の実施形態と同一の構成部材については同一の符号を用いるものとする。この図5において、感磁部は、第1の強磁性層1、非磁性金属層2、第2の強磁性層3、反強磁性層4、非磁性分離層24、および軟磁性層6から構成されている。

【0039】ここで、非磁性分離層24は、反強磁性層4と軟磁性層6との交換結合を切るために設けられている。また、軟磁性層6は、電流磁界により第1の強磁性層1と反対方向に磁化し、第1の強磁性層1及び第2の強磁性層3に横バイアス磁界を供給する。非磁性分離層24としては、Ta、Ti、Cu等の金属、 SiO_2 、 Al_2O_3 等の絶縁層を用いることができる。また、軟磁性層6としてNi、Fe、Coの合金、或いはそれに添加物を加えたもの、Co主成分とするアモルファス金属等を用いることができる。

【0040】次に、本発明の第2の実施の形態の動作について説明する。

【0041】図6は、第2の実施形態の信号磁界 P_s に対する抵抗変化を示す線図である。この図6において、信号磁界は図5の信号磁界 P_s と同方向(平行)であり、第1の強磁性層1にかかる電流磁界 P_{31} の方向をプラスとした。

【0042】この第2の実施の形態においては、第1の強磁性層1及び第2の強磁性層3は軟磁性層6によりプラス方向の横バイアス磁界を受けるので、第2の実施の形態による抵抗変化曲線(実線)は第1の実施の形態の場合(点線)と比較して全体的にプラス方向にシフトする。そのため、比較的電流密度の小さいヘッドにおいても十分なダイナミックレンジを得ることができ、また、軟磁性層6の膜厚を変化させることによりダイナミック

レンジの制御が可能となる。

【0043】また、この第2の実施の形態において、軟磁性層6および非磁性分離層24を設ける意図は、上述のように第1の強磁性層1及び第2の強磁性層3に横バイアス磁界を印加することである。従って、軟磁性層6および非磁性層分離層24は、AMR型のMRヘッドで知られている永久磁石層、或いはシャント層等で置き換えることができる。

【0044】又、本第2の実施の形態において、横バイアス磁界を印加する手段を反強磁性層ではなく、第1の強磁性層1に隣接して設けることもできる。この場合、第1の強磁性層1及び第2の強磁性層3はマイナス方向の横バイアス磁界を受けるので、抵抗変化曲線は図6の破線に示したようにマイナス方向にシフトする。

【0045】このように、上記第2の実施の形態は、前述した第1の実施の形態における作用効果に加えて、横バイアス磁界を印加する手段を追加したことにより、ダイナミックレンジを広くすることができるという効果も有する。

【0046】(第3の実施の形態)次に、第3の実施の形態を図7に基づいて説明する。ここで、前述した各実施形態と同一の構成部材については同一の符号を用いることとする。

【0047】図7において、感磁部は、第1の強磁性層1、非磁性金属層2、第2の強磁性層3、反強磁性層4、および永久磁石層10から構成されている。

【0048】このうち、第1の強磁性層1、非磁性金属層2、第2の強磁性層3、及び反強磁性層4の各構成は、前述した第1の実施形態(図1)の場合と同一である。永久磁石層10は、第2の強磁性層3に縦バイアス磁界を印加し、単一のドメイン状態に保持するために設けられている。

【0049】この縦バイアス磁界の方向は、第2の強磁性層3のトラック端に生じる磁極による磁界と同じ方向であることが望ましい。これは、第1の強磁性層1と第2の強磁性層3の磁化が反平行である場合は、抵抗変化が大きくなるためである。永久磁石層10としては、Co、及びCr、或いはPtを含んだ合金から選択することができる。

【0050】また、本第3の実施形態の変形例として、縦バイアス磁界を印加する手段に関し、第1の強磁性層1に反強磁性層4を隣接させる方法がある。この場合、第1の強磁性層1と反強磁性層4との間の交換結合を第2の強磁性層3と反強磁性層4との間の交換結合よりも小さくしておく必要がある。更に、本第3の実施の形態の変形例として、第1の強磁性層1の感磁部から伸びた領域にのみ反強磁性層4を隣接させる方法がある。

【0051】そして、この第3の実施の形態においては、前述した第1の実施の形態に縦バイアス磁界を印加する手段を追加した場合を例示したが、前述した第2の

実施形態にも縦バイアス磁界を印加する手段を付加してもよい。

【0052】このように、本発明の第3の実施の形態は、第1の実施の形態及び第2の実施の形態の効果に加えて、縦バイアス磁界を印加する手段を追加したことにより、より安定なMRヘッドを提供できるという効果がある。

【0053】

【実施例】

(第1実施例)次に、本発明の第1実施例を図8に基づいて説明する。この図8に示す第1実施例は前述した図1に示す第1の実施形態の具体例である。まず、図8において、符号41は下シールド41を示す。この下シールド41は、セラミック等の非磁性基板(図示せず)上に、厚さ2[μm]のNiFe層をもってメッキ法により成膜され、イオンミリングにより幅60[μm]にパターン化された状態で形成されている。

【0054】下シールド41の上には、厚さ0.1[μm]のAl₂O₃を用いた下シールド間ギャップ16がスパッタリング法により成膜されている。更に、この下シールド間ギャップ16上には、第1の強磁性層1としての厚さ6[nm]のNiFeが、非磁性金属層2としての厚さ2.5[nm]のCu層が、第2の強磁性層3としての厚さ6[nm]のNiFe層が、順次スパッタリング法により成膜され、更に、その上に、反強磁性層4として厚さ30[nm]のNiMn膜がスパッタリング法により成膜されている。

【0055】ここで、10[kOe]の磁界をトラック幅方向S₂₄に印加しながら300度で熱処理することにより、第2の強磁性層3にトラック幅方向S₂₄の交番磁界をかける。その後、ステンシル型のレジストを付けた後、第1の強磁性層1、中間層(非磁性金属層)2、第2の強磁性層3、反強磁性層4は、イオンミリングによって幅2[μm]にパターン化される。更に、電極5として厚さ0.2[μm]のAuがスパッタリングされ、レジストが除去される。次に、この上に厚さ0.1[μm]のAl₂O₃を用いた上シールド間ギャップ17がスパッタリング法により成膜される。

【0056】そして、その上に厚さ2[μm]のNiFeを用いた上シールド42がメッキ法により成膜され、イオンミリングにより幅60[μm]にパターン化される。更に、記録ギャップ層18としての厚さ0.3[μm]のAl₂O₃、コイル(図示せず)、上ボール14としての厚さ4[μm]のNiFeが成膜され、記録部を形成する。

【0057】以上のようにして作成した本第1実施例におけるMRヘッド(磁気抵抗効果型ヘッド)について、その記録再生実験を行ったところ、線形応答性に優れ、且つ高出力で対称性の良い再生波形を得ることができた。

11

【0058】(第2実施例)次に、本発明の第2実施例を図9に基づいて説明する。この第2実施例は、前述した図8(第1実施例)において、電極5が付された部分の他の例を示すものである。即ち、この図9に示す第2実施例では、下シールド間ギャップ層16(図8参照)の成膜後、第1の強磁性層1として厚さ6[nm]のNiFe層、非磁性金属層2として厚さ2.5[nm]のCu層、硬磁性層(第2の強磁性層)7として厚さ6[nm]のCoを、スパッタリング法により成膜する。

【0059】ここで、10[kOe]の磁界をトラック幅方向S₂₄に印加することにより、硬磁性層(第2の強磁性層)7の磁化をトラック幅方向S₂₄に向ける。その後、ステンシル型のレジストを付けた後、第1の強磁性層1、非磁性金属層2、硬磁性層7はイオンミリングにより幅2[μm]にパターン化される。さらに電極5として厚さ0.2[μm]のAu層がスパッタリングされ、レジストが除去される。その他の構成は前述した図8(第1実施例)の場合と同一に構成され同一に作成される。

【0060】以上のように作成した本第2の実施例にかかるMRヘッド(磁気抵抗効果型ヘッド)の記録再生実験を行ったところ、図8(第1実施例)の場合と同様に、線形応答性に優れ、且つ高出力で対称性の良い再生波形を得ることができた。

【0061】(第3実施例)次に、本発明の第3実施例を図10に基づいて説明する。この第3実施例は、前述した図8(第1実施例)において、電極5が付された部分の他の例を示すもので、特に、前述した図5の第2の実施形態において、電極5が付された部分の具体例で、とくに図5の場合とは逆方向に磁性膜等の薄膜を順次積層した点に特徴を備えている。

【0062】即ち、この図10に示す第3実施例では、下シールド間ギャップ層16(図8参照)の成膜後に、軟磁性層6として厚さ40[nm]のCoZrMoが、非磁性分離層24として厚さ5[nm]のTaがスパッタ法により成膜される。さらに、反強磁性層4として厚さ30[nm]のNiMn膜が、第2の強磁性層3として厚さ6[nm]のNiFe膜が、非磁性金属層2として厚さ2.5[nm]のCu層が、第1の強磁性層1として厚さ6[nm]のNiFe層が、それぞれ順次スパッタリング法により成膜される。

【0063】さらに、ここで、10[kOe]の磁界をトラック幅方向S₂₄に印加しながら300度で熱処理することにより、第2の強磁性層3にトラック幅方向S₂₄の交番磁界をかける。その後、ステンシル型のレジストを付けた後、第1の強磁性層1、中間層2、第2の強磁性層3、反強磁性4はイオンミリングにより幅2[μm]にパターン化される。続いて、電極5として、厚さ0.2[μm]のAu層がスパッタリングされ、レジストが除去される。その他の構成は前述した図8(第1実

12

施例)の場合と同一に構成され同一に作成される。

【0064】以上のように作成した本第3の実施例にかかるMRヘッド(磁気抵抗効果型ヘッド)の記録再生実験を行ったところ、図8(第1実施例)の場合と同様に、線形応答性に優れ、且つ高出力で対称性の良い再生波形を得ることができた。

【0065】(第4実施例)次に、本発明の第4実施例を図11に基づいて説明する。この第4実施例は、前述した図8(第1実施例)において、電極5が付された部分の他の例を示すもので、特に、前述した図7の第3の実施形態において、電極5および永久磁石層10が付された部分の具体例を示す。

【0066】即ち、この図11に示す第4実施例では、下シールド間ギャップ層16(図8参照)の成膜後に、第1の強磁性層1として厚さ6[nm]のNiFe層が、非磁性金属層2として厚さ2.5[nm]のCu層が、第2の強磁性層3として厚さ6[nm]のNiFe層が、反強磁性層4として厚さ30[nm]のNiMn膜が、それぞれ順次スパッタリング法によって成膜される。

【0067】さらに、ここで、10[kOe]の磁界をトラック幅方向S₂₄に印加しながら300度で熱処理することにより、第2の強磁性層3にトラック幅方向S₂₄の交番磁界をかける。その後、ステンシル型のレジストを付けた後、第1の強磁性層1、中間層(非磁性金属層)2、第2の強磁性層3、反強磁性層4が、イオンミリングにより幅2[μm]にパターン化される。更に、第1の強磁性層1に縦バイアス磁界を加えるための永久磁石膜10として、厚さ10[nm]のCoCrPt、及び電極5として厚さ0.2[μm]のAu層がスパッタリングされ、レジストが除去される。

【0068】ここで、永久磁石10を着磁するために、10[kOe]の限界をトラック幅方向S₂₅に常温で印加する。その他の構成は前述した図8(第1実施例)の場合と同一に構成され同一に作成される。

【0069】以上のように作成した本第4の実施例にかかるMRヘッド(磁気抵抗効果型ヘッド)の記録再生実験を行ったところ、図8(第1実施例)の場合と同様に、線形応答性に優れ、且つ高出力で対称性の良い再生波形を得ることができた。

【0070】(第5実施例)次に、本発明の第5実施例を図12に基づいて説明する。この第5実施例は、前述した図10(第3実施例)の変形例を示す。

【0071】即ち、この図12に示す第5実施例では、下シールド間ギャップ層16(図8参照)の成膜後に、第1の反強磁性層4として厚さ30[nm]のNiMn膜を、第2の強磁性層3として厚さ6[nm]のNiFe膜を成膜する。ここで、10[kOe]の磁界をトラック幅方向S₂₄に印加しながら300度で熱処理することにより、第2の強磁性層3にトラック幅方向S₂₄の交

番磁界をかける。

【0072】次に、非磁性金属層2として厚さ2.5[nm]のCu層を、第1の強磁性層1としての厚さ6[nm]のNiFe層をスパッタリング法により成膜する。更に、第1の強磁性層1に縦バイアス磁界を印加するための第2の反強磁性層8として厚さ30[nm]のFeMn膜を、1[kOe]の磁界をトラック幅方向S₂₅に印加しながらスパッタリング法により成膜し、又第2の強磁性層3にトラック幅方向S₂₄の交番磁界をかける。

【0073】その後、ステンシル型のレジストを付けた後、第1の強磁性層1、中間層(非磁性金属層)2、第2の強磁性層3、第1の反強磁性層4、第2の反強磁性層8が、イオンミリングにより幅2[μm]にパターン化される。さらに電極5として厚さ0.2[μm]のAu層がスパッタリングされ、レジストが除去される。その他の構成は前述した図8(第1実施例)の場合と同一に構成され同一に作成される。

【0074】以上のように作成した本第5の実施例にかかるMRヘッド(磁気抵抗効果型ヘッド)の記録再生実験を行ったところ、図8(第1実施例)の場合と同様に、線形応答性に優れ、且つ高出力で対称性の良い再生波形を得ることができた。

【0075】(第6実施例)次に、本発明の第6実施例を図13に基づいて説明する。この第6実施例は、前述した図12(第5実施例)において、電極を第2の反強磁性層8上に設けた点に特徴を備えている。図13に示す第6実施例は、下シールド間ギャップ層16(図8参照)の成膜後に、第1の反強磁性層4としての厚さ30[nm]のNiMn層を、第2の強磁性層3としての厚さ6[nm]のNiFe層を、非磁性金属層2としての厚さ2.5[nm]のCu層を、第1の強磁性層1として厚さ6[nm]のNiFe層を、スパッタリング法により成膜する。

【0076】ここで、10[kOe]の磁界をトラック幅方向S₂₄に印加しながら300度で熱処理することにより、第2の強磁性層3にトラック幅方向の交換磁界をかける。さらに第2の反強磁性層8として、厚さ30[nm]のFeMn膜を、1[kOe]の磁界をトラック幅方向25に印加しながらスパッタリング法により成膜し、第2の強磁性層3にトラック幅方向の交換磁界をかける。更に、符号5は電極を示す。この電極5は、厚さ0.2[μm]のAu層からなり、図13中の第2の反強磁性層8の上側両端部にスパッタリングにより形成される。

【0077】その後、感磁部のトラック幅に相当する部分以外にレジストを付けた後、電極5および第2の反強磁性層8のトラック幅に相当する部分をイオンミリングにより取り除く。その他の構成は前述した図8(第1実施例)の場合と同一に構成され同一に作成される。

【0078】以上のように作成した本第6の実施例にかかるMRヘッド(磁気抵抗効果型ヘッド)の記録再生実験を行ったところ、図8(第1実施例)の場合と同様に、線形応答性に優れ、且つ高出力で対称性の良い再生波形を得ることができた。

【0079】

【発明の効果】本発明は以上のように構成され機能するので、これによると、以下に示す効果を有する。

①. 第2の強磁性層にピン止め磁界を印加するために、第2の強磁性層を信号磁界と直交する方向に弱くピン止めがなされる。このため、信号磁界に平行な方向に着磁プロセスを行う必要がなくなる。これにより、上下シールド及び上下ボールの材料を自由に選択でき、性能向上及び原価低減を図ることができる。

【0080】②. 第1と第2の強磁性層の磁化の回転の仕方が異なるため、横バイアス磁界を印加する手段を特に設ける必要がない。これにより、ヘッド作製時のプロセスが簡略化され、生産性向上を図ることができる。

【0081】③. 信号磁界と直交する方向に固定された第1の強磁性層のトラック端に生じる磁極による磁界が第2の強磁性層に実質的な縦バイアス磁界を印加することとなり、このため、縦バイアス磁界を印加する手段を特に設ける必要がない。これにより、ヘッド作製のプロセスが容易になり、かかる点においても、生産性向上を図ることができる。

【0082】④. 縦バイアス磁界を印加する手段を設けた場合には、横バイアス磁界を印加することにより抵抗変化曲線がシフトさせることができ、これによって、ダイナミックレンジを広げることができ、とくに横バイアス磁界を飽和した状態に印加することにより抵抗変化曲線のシフトの安定化を図ることができ、比較的低い電流密度でも線形動作が可能になる。

【0083】⑤. 同じく縦バイアス磁界を印加する手段を設けた場合には、当該縦バイアス磁界を飽和させた状態に印加することにより第1の強磁性層の磁化が単一のドメイン状態に安定して保持されるため、バルクハウゼンノイズの無い安定した磁気抵抗効果型ヘッドを得ることができる。このように、本発明によると、信号磁界方向に強磁性層をピン止めすることなく、線形応答の大きいGMR効果に基づいた磁気抵抗効果型ヘッド(MRヘッド)を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態を示す概略斜視図である。

【図2】図1に開示した磁気抵抗効果ヘッドの動作特性曲線及びこれに対応した各信号磁界における磁化の状態を示す説明図である。

【図3】図1に開示した磁気抵抗効果ヘッドの線形性のピン止め磁界依存性を示す線図である。

【図4】図1に開示した磁気抵抗効果ヘッドのダイナミ

ックレンジの電流密度依存性を示す線図である。

【図5】本発明の第2の実施形態を示す概略斜視図である。

【図6】図5に開示した第2の実施形態の動作特性を示す線図である。

【図7】本発明の第3の実施形態を示す概略斜視図である。

【図8】本発明の第1実施例を示す概略断面図である。

【図9】本発明の第2実施例を示す一部省略した概略断面図である。

【図10】本発明の第3実施例を示す一部省略した概略断面図である。

【図11】本発明の第4実施例を示す一部省略した概略断面図である。

【図12】本発明の第5実施例を示す一部省略した概略断面図である。

【図13】本発明の第6実施例を示す一部省略した概略

断面図である。

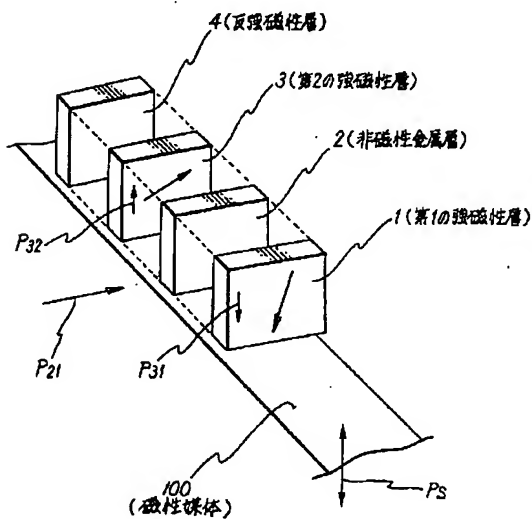
【図14】従来例における磁気抵抗効果ヘッドの形態を示す概略斜視図である。

【図15】従来における磁気抵抗効果ヘッドを示す概略断面図である。

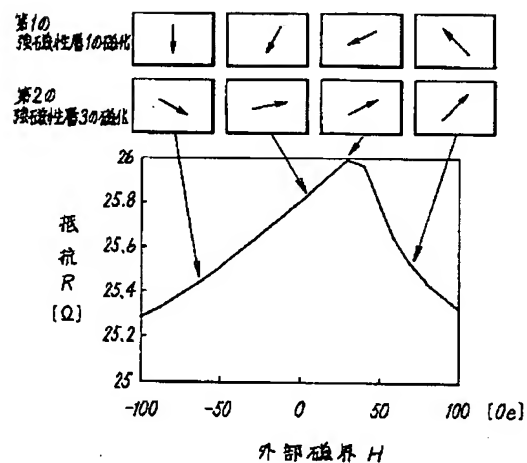
【符号の説明】

- 1 第1の強磁性層
- 2 非磁性金属層
- 3 第2の強磁性層
- 4 反強磁性層
- 5 電極
- 6 軟磁性層
- 7 硬磁性層
- 8 第2の反強磁性層
- 10 永久磁石層
- 24 非磁性分離層

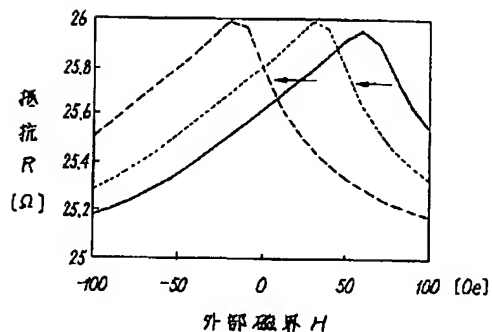
【図1】



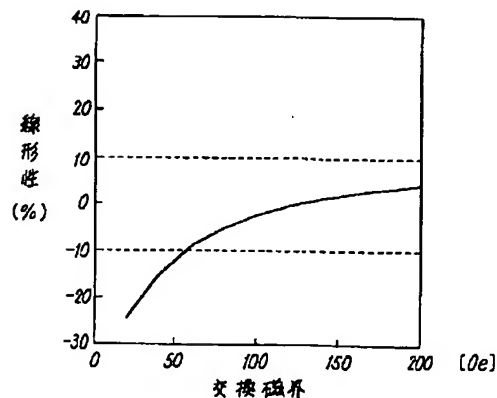
【図2】



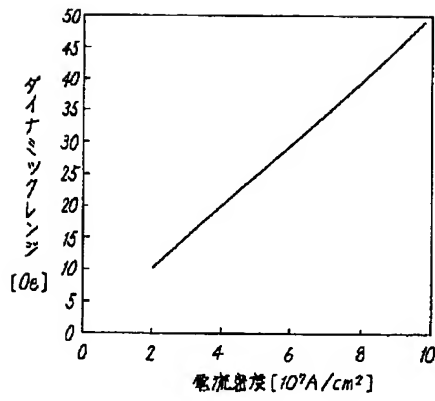
【図6】



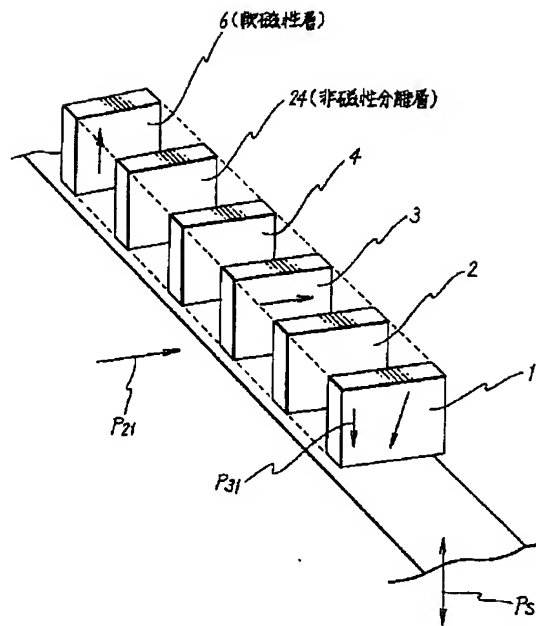
【図3】



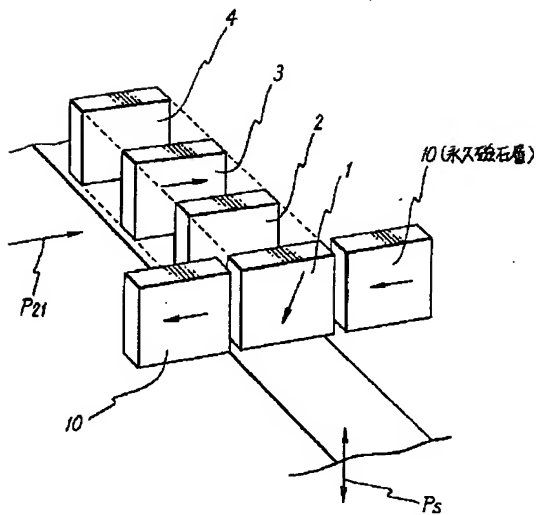
【図4】



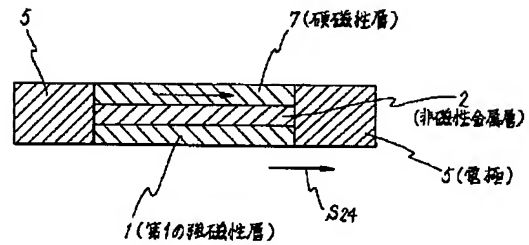
【図5】



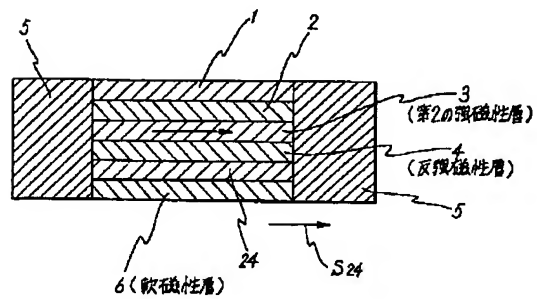
【図7】



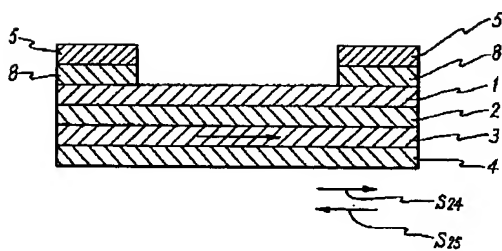
【図9】



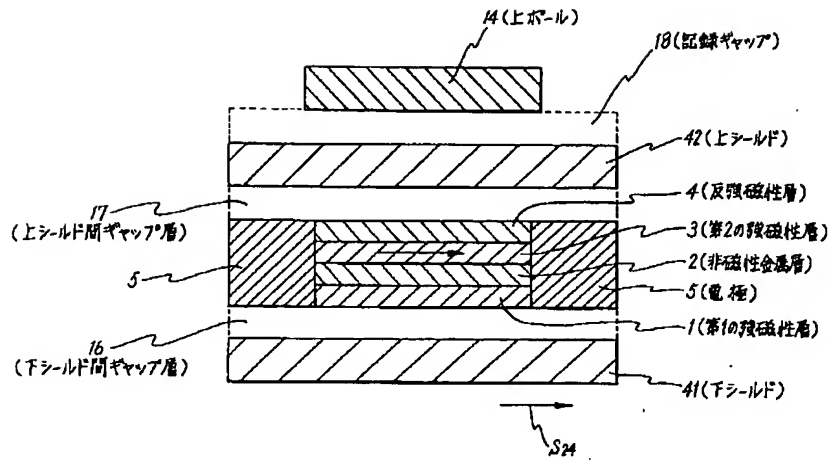
【図10】



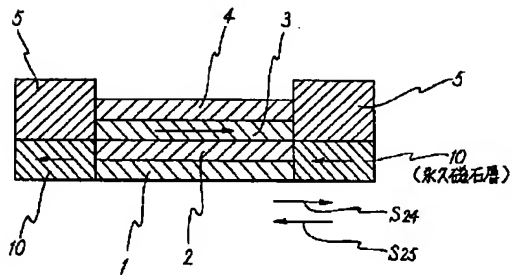
【図13】



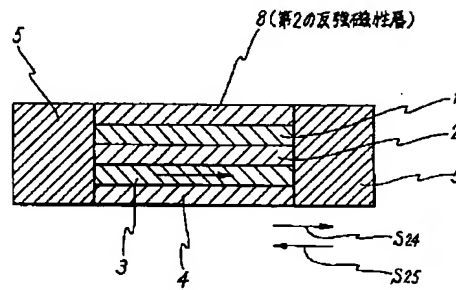
【図8】



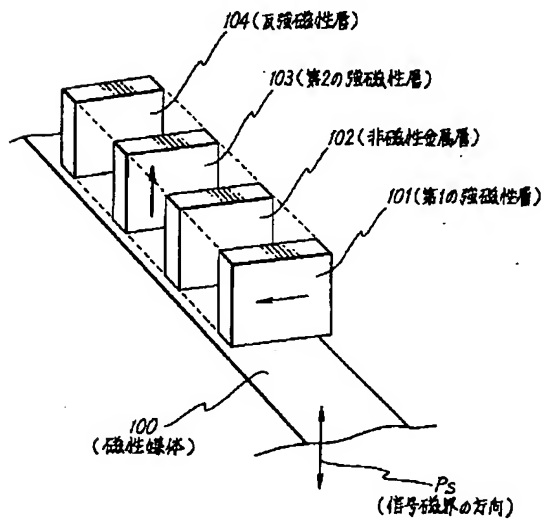
【図11】



【図12】



【図14】



【図15】

